

окончательного завершения, и пока наука здесь ставит больше вопросов, чем дает ответов. Поэтому дискуссии вокруг эволюционной теории продолжаются уже более 150 лет, и только этим достаточно подтвердить грандиозность его теории.

**В.А. Любичанковский**

*Оренбургский государственный университет  
(Оренбург)*

## **МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕПЦИЙ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

В методологии научного познания распространен взгляд, согласно которому развитие науки приводит к тому, что человечество все больше знает, что надо делать, чтобы достигнуть той или иной цели. Однако, как считает С.П. Капица, «не менее оправданным представляется и диаметрально противоположный взгляд. Большинство фундаментальных теорий, изменивших стандарты научных исследований (меняющих парадигму, по выражению историка науки Т. Куна), связано с осознанием все новых и новых ограничений (выделено нами. – В.Л.). И прежде всего, с ответом на вопрос, чего нельзя сделать, какие цели мы, в принципе, не можем ставить перед научным исследованием»<sup>727</sup>.

Приведенную цитату можно рассматривать, как призыв к научному сообществу обратить внимание на методологию запретов. В этой же цитате, на наш взгляд, делается ударение лишь на одну сторону этой методологии: чего нельзя сделать. Безусловно, научное сообщество должно это знать и понимать, чтобы не направлять свои усилия по ложному пути, не тратить впустую материальные и духовные ресурсы человечества. Понятно, какая огромная ответственность лежит на тех, кто публично провозглашает тот или иной запрет, как велика боязнь ошибиться.

Многие ученые старшего поколения хорошо помнят, как налагались запреты на генетику, кибернетику и т.д., и какой вред нашей науке принесли эти запреты. И, тем не менее, ответ на этот вопрос дают открываемые законы объективного мира. Невозможным можно считать только то, что противоречит какому-либо объективному закону мира. Это означает, что если утверждается, что этого нельзя сделать, то необходима ссылка на закон природы, который налагает этот запрет. Если нет такой ссылки, то запрет является необоснованным. Он не может быть принят научным сообществом. Принципиальная трудность наложения таких запретов заключается в том, что всегда находятся ученые, и даже весьма авторитетные, которые не разделяют те или иные взгляды науки на объективный мир. Одни и те же утверждения науки одни ученые возводят в ранг законов природы, а другие этого не признают. Поэтому, безусловно, возможна ошибка. Ведь человечество, как и отдельный человек, нередко «умно задним числом». И одна из причин этого то, что одни и те же

---

<sup>727</sup> Капица С.П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. 2-е изд-е. М.: Эдиториал УРСС, 2001. С.22.

следствия могут вытекать из разных оснований. Каким бы не был высоким уровень развития науки, в ней всегда будут содержаться положения, неистинность которых будет выявлена лишь со временем.

Никакая система запретов в науке не может быть абсолютной. То, что сегодня запрещено, завтра может утратить силу запрета, даже такое фундаментальное утверждение современной науки, что в природе не может быть скорости больше, чем скорость света в физическом вакууме.

На наш взгляд, это принципиальные замечания, но они не означают, что без запретов «этого нельзя сделать» можно обойтись. Хотим мы этого или не хотим, но они дисциплинируют фантазию ученого, научный поиск делают более рациональным. Уже сейчас они широко используются в науке.

Вот несколько общеизвестных примеров. Второй начало термодинамики. Это закон природы. Согласно ему, если термодинамическая система изолированная, то все процессы в ней идут так, что энтропия системы растет. Когда она достигает максимального значения, что соответствует состоянию термодинамического равновесия системы, то система в этом состоянии может находиться сколь угодно долго. Возникающие флуктуации гасятся термодинамическим равновесием. Отсюда вытекает запрет: нельзя уменьшить энтропию изолированной термодинамической системы.

С этого примера мы начали не случайно. Дело в том, что с другой стороны, для замкнутой динамической системы произвольной сложности, движение которой происходит в ограниченной области пространства, французским математиком и физиком А. Пуанкаре доказана следующая теорема: за достаточно большое время фазовая траектория в  $\Gamma$ -пространстве вернется в область сколь угодно близкую к начальной точке этой траектории.

Таким образом, любое неравновесное макроскопическое состояние рано или поздно должно повториться, как бы ни было велико отклонение от равновесия. Расчеты показывают, что время возврата  $\tau_R$  определяется соотношением  $\tau_R \sim \tau \Gamma / \Delta\Gamma$ , где  $\Delta\Gamma$  - фазовый объем неравновесной области. Для  $N$  молекул газа получаем тогда  $\tau_R \sim \tau N^N$ . В  $1 \text{ см}^3$  газа при нормальных условиях число  $N$  велико настолько, что  $\lg \tau_R \sim 2 \cdot 10^{19}$  единиц времени (практически неважно каких, лет или секунд, настолько велика эта цифра!). В то же время, возраст Вселенной  $T$  оценивается как  $T \sim (12-15) \cdot 10^9$  лет. Таким образом, имеет место практическая необратимость макроскопических процессов, если речь идет о сколь-нибудь существенных отклонениях от термодинамического равновесия. Это проявляется в отсутствии симметрии по отношению к изменению знака времени  $t' = -t$ .

Игнорируя несопоставимость временных масштабов рассматриваемых процессов релаксации и возврата Пуанкаре, представим формально эволюцию неравновесного состояния в виде двух этапов:

Период релаксации – размешивание следов изображающей точки в энергетическом слое  $\Gamma$ -пространства, происходящее «необратимо» с возрастанием энтропии.

В соответствии с теоремой возврата за время  $\tau_R \gg \tau$  система возвращается в неравновесное состояние и энтропия убывает. Для больших флуктуаций времени возврата велики. По отношению к ним эволюция практически необратима.

Тем не менее, обилие повседневных реалий свидетельствует о самопроизвольном образовании структур из хаоса в Природе на разумных (антропоцентрически) временных интервалах. В астрономических масштабах это гигантские скопления вещества в виде галактик. В макром мире – диссипативные структуры в системах с химическими реакциями, не говоря уже о возникновении и существовании живых организмов.

Не вступая в противоречие с законами термодинамики и не апеллируя к квазипериодическим режимам Пуанкаре, объяснение процессам зарождения порядка из хаоса можно дать лишь подчеркивая открытый характер систем, в которых происходит генерация структур<sup>728</sup>.

О чем говорит вторая часть приведенного примера?

Никто не отрицает, что второе начало термодинамики – это закон природы. Но законом природы можно считать и доказанную А. Пуанкаре теорему о квазिवозврате. В данном случае изменение временного масштаба процессов изменило и утверждение науки об этапах эволюции неравновесного состояния изолированной термодинамической системы.

Другой пример. Квантовая механика показала, что принципиально нельзя измерить с заранее заданной точностью одновременно, например, координату и импульс элементарной частицы. Такие примеры можно продолжить. Главный вывод из них таков: «осознанный барьер не только лишает иллюзий, но и помогает увидеть истинный масштаб стоящих проблем»<sup>729</sup>.

Особый интерес представляют запреты на предсказание поведения систем. Так, С.П. Капица подчеркивает: «Последние двадцать лет было показано, что есть еще один важный класс объектов. Формально они являются детерминированными – точно зная их текущее состояние, можно установить, что произойдет с системой в сколь угодно далеком будущем. И, вместе с тем, предсказывать ее поведение можно лишь в течение ограниченного времени. Сколь угодно малая неточность в определении начального состояния системы нарастает со временем, и с некоторого времени мы теряем возможность что-либо предсказывать. На этих временах система ведет себя хаотически. Тут вновь приходится говорить лишь о статистическом описании. Такие системы были обнаружены в гидродинамике, физике лазеров, химической кинетике, астрофизике и физике плазмы, географии и экономике. Поистине огромна область, в которой наши возможности предсказывать весьма ограничены»<sup>730</sup>.

Синергетика еще больше ограничила наши предсказательные возможности. Она показала, что для сильно нелинейных систем возможны

<sup>728</sup> Концепции современного естествознания. Учебное пособие для студентов гуманитарных факультетов университетов. 4-е изд.-е, доп. / Под ред. В.А. Любичанковского. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2000. С.127 – 128.

<sup>729</sup> Капица С.П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г.Г. Указ. соч. С.23.

<sup>730</sup> Там же. С.23 – 24.

предсказания только на отрезке от одного бифуркационного состояния системы до другого.

Если посмотреть на методологию запретов шире, то неизбежно придется не ограничиваться областью «чего нельзя сделать» (запреты первого типа), но выйти и в область «чего нельзя делать» (запреты второго типа). Запреты первого типа определяются знаниями объективных законов мира. Запреты же второго типа определяются определенными установками общества, его ценностными ориентациями, в том числе и научными.

Запреты второго типа тоже широко используются в современном естествознании. Приведем несколько примеров.

Современная космология считает, что нельзя создавать модели Вселенной, в которых не будут выполняться такие условия: а) антропный принцип – создаваемые модели Вселенной не могут противоречить возможности возникновения разума в мире; б) законы физики и химии, открытые в земных условиях, должны выполняться во всей Вселенной; в) структурные детали далеких звезд и Галактик должны быть теми же, что и в доступной области наблюдения Вселенной.

Другой пример. В физике налагается жесткий запрет на публикации гипотез, которые только объясняют определенные факты, но ничего нового не предсказывают. И еще два примера. Сегодня научное сообщество осознало, что нельзя ставить эксперименты над объектами, жизненно необходимыми для человечества. Это, в первую очередь, океан и земная атмосфера. Значит, их можно изучать только методом наблюдения или с помощью мысленных экспериментов.

Согласно современной методологии, любой фрагмент реального мира является системой. Различают, в частности, линейные и нелинейные системы. Самое строгое различие между ними – математическое. Если процессы, происходящие в системе, можно описать одним или системой линейных уравнений, то систему рассматривают как линейную, а если это описание будет осуществляться нелинейными уравнениями, то система будет нелинейной. Среди нелинейных систем различают слабо нелинейные и сильно нелинейные. Если вклад нелинейных членов математической модели протекающих в системе процессов в эти процессы порядка или меньше вклада линейных членов, то система рассматривается как слабо нелинейная. Если же этот вклад больше вклада линейных членов, то система будет сильно нелинейной. В первом случае нелинейное описание процессов в системе можно заменить линейным, так как потеря информации будет незначительной. Сильно нелинейную модель заменять линейной нельзя, так как потеря информации будет значительной: при такой замене многие особенности системы просто стираются (например, процессы самоорганизации).

Нередко в научном познании и практической деятельности возникают задачи сохранения тех или иных систем. Методология решения этих задач – это, в первую очередь, методология запрета. Решение этого класса задач требует выявить, какие действия над системой приводят к ее разрушению. Другими словами, чего нельзя делать с системой. Нормальная работа любого технического устройства, любой общественной системы и вообще осуществление любого вида деятельности всегда

связана с выполнением определенной системы запретов как первого, так и второго рода. И, на наш взгляд, хорошо, когда они четко формулируются, а многие из них (речь идет о запретах второго типа) доводятся до уровня юридических законов, и когда осуществляется жесткий контроль за их выполнением.

Сейчас широко пропагандируется этика, основанная на принципе «обязанности по отношению к самому себе». Это специфическая система запретов и жестких требований определенных действий. Такая же двоичная система действий должна применяться по отношению к любому виду деятельности.

Роль запретов второго типа в познании противоречива. Субъективный момент здесь присутствует в большей степени, чем в запретах первого типа. С одной стороны, именно запреты второго типа доводят парадигму до логического совершенства. Это хорошо видно на примере классической физики.

На основе развития классической физики и ее успехов схема жесткой детерминации была в известной мере абсолютизирована. Философская концепция, выразившая это, получила название лапласовского детерминизма. Ее основные положения такие: Хаос - сугубо деструктивное начало мира, он ведет в никуда. Случайность тщательно изгонялась из научных теорий. Существовало убеждение, что случайности не сказываются, забываются, стираются, не оставляя следа в общем течении событий природы. Мир, в котором мы живем, рассматривался как не зависящий ни от микрофлуктуации на нижележащих уровнях бытия, ни от малых влияний космоса. Неравновесность и неустойчивость рассматривались как досадные неприятности, которые должны быть преодолены. Это нечто негативное. Развитие понималось как поступательное, без альтернатив. Пройденное имеет лишь исторический интерес. Мир связан причинно-следственными связями жестко. Причинные цепи имеют линейный характер. Следствие пропорционально причине. По причинным цепям ход развития может быть просчитан неограниченно в прошлое и будущее. Настоящее определяется прошлым, а будущее – настоящим и прошлым.

Подход к управлению сложными системами основывался на представлении, согласно которому результат внешнего воздействия есть однозначное и линейное, предсказуемое следствие приложенных усилий, что соответствует схеме: управляющее воздействие – желаемый результат. Чем больше вкладываешь энергии, тем больше будто бы и отдача. С другой стороны, сам запрет заставляет ученых искать подходы, которые позволяют сохранить то, на что наложен запрет. В данном случае речь будет идти о вероятностных методах.

Привлечение вероятностных методов описания возникло не сегодня. Оно хорошо известно и в классической физике. Такие методы, в частности, типичны для молекулярно-кинетической теории, позволяющей находить вероятности различных значений скоростей молекул, длин свободного пробега, плотностей и т.д. При этом, однако, подразумевается, что движение каждой молекулы подчиняется детерминистическим законам классической механики. Они позволяют точно и однозначно предсказать

при заданных начальных условиях состояние в будущем, если известны действующие со стороны остальных молекул силы. Лишь из-за того, что количество молекул слишком велико, такое детерминистическое описание в действительности оказывается недостижимым.

Для систем с большим числом частиц более употребителен сокращенный способ описания – язык вероятностей. Он позволяет говорить не об индивидуальной динамической характеристике частицы, а о вероятности реализации данного значения динамической переменной для произвольной, наугад выбранной частицы.

Попытки сочленения детерминистского и вероятностного подходов привели к появлению наглядного приема описания эволюции системы с произвольным числом  $N$  частиц. Полный набор динамических переменных в этом случае составляют  $6N$  чисел –  $3N$  координат и  $3N$  импульсов. Тогда состояние системы в целом в данный момент времени можно задать одной точкой в некотором абстрактном пространстве  $6N$  измерений. Такое пространство получило название фазового  $\Gamma$ -пространства (в отличие от фазового  $\mu$ -пространства для одной частицы системы), или просто фазового пространства системы. В ходе эволюции системы изображающая точка в фазовом пространстве перемещается, описывая фазовую траекторию. Если разбить фазовое пространство на равновеликие ячейки объемом  $\Delta V$ , размер которых произволен при анализе проблемы с позиций классической механики и ограничен снизу величиной  $\Delta V_0 = (2\pi\hbar)^{3N}$  ( $\hbar$  – постоянная Планка) в соответствии с законами квантовой механики, фазовая траектория с течением времени будет последовательно занимать различные ячейки. Процедура разбиения  $\Gamma$ -пространства на ячейки, с последующим присвоением каждой из них определенного адреса, позволяет эффективно использовать комбинаторные методы при подсчете числа занятых фазовой кривой ячеек, а затем вычислить характерные вероятности и средние значения наблюдаемых величин.

В заключение подчеркнем, что методология запрета – это самая демократичная из возможных методологий: в ней все, что не запрещено, принципиально разрешено. Все дело в том, что область разрешенного во много раз превосходит область запрещенного. Она всегда остается достаточной для творческих исканий в любом виде деятельности. И это достаточно хорошо осознается и в естествознании, и в техническом творчестве. Все концепции современного естествознания имеют свою специфическую систему ограничений. И это самое существенное их различие. Можно утверждать, что чем больше ограничений содержит конкретная концепция современного естествознания, тем глубже она отражает законы природы.